

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО И ФАЗОВОГО СОСТАВА НОВОЙ ЛИТОЙ Cr-Mn-Ni-Mo-N СТАЛИ

Мурадян С.О.

Руководитель – доц., д.т.н. Костина М.В.

Учреждение Российской академии наук Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва
muradianso@gmail.ru

В работе исследовали фазовый, химический и структурный состав новой нержавеющей высокопрочной высокоазотистой ($\sim 0,5\%$ N) аустенитной стали 05X22AG15H8M2ФЛ.

Металлографический анализ с использованием оптической микроскопии) показал, что в литой стали 05X22AG15H8M2ФЛ содержится $\sim 12\%$ металла, относящегося к междендритным прослойкам. В литом металле эти прослойки неоднородны и содержат различные структурные составляющие, имеющие четко выявляемую химическим травлением межфазную границу (рис.1).

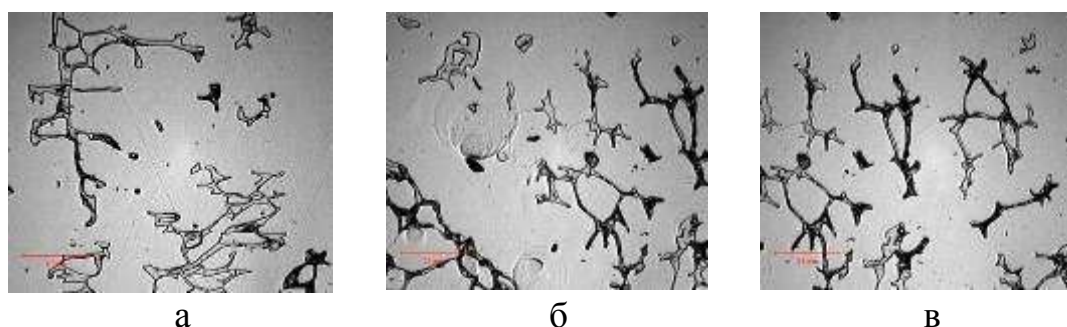


Рисунок 1. Литая структура стали 05X22AG15H8M2ФЛ полученная методом оптической микроскопии ($\times 100$):

а, б, в – светлая «матрица» - первично закристаллизовавшийся металл (дендриты), более темная «вторая фаза» - междендритный металл

Исследование указанной структурной и, соответственно, химической неоднородности литого металла осуществляли на сканирующем электронном микроскопе фирмы «Cambridge Instrument». На рис. 2 представлены полученные на сканирующем микроскопе изображения микроструктуры.

После гомогенизирующего отжига при $1150\ldots 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ структура металла становится более однородной, рис. 3.

По данным микрорентгеноспектрального анализа (МРСА) металл в междендритном пространстве литой стали обогащен хромом ($\Delta = 3\ldots 6\%$) и обеднен никелем и марганцем ($\Delta = 3\ldots 5\%$) по сравнению с металлом дендритов. После отжига при $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 ч, металл в междендритном

пространстве обогащен хромом ($\Delta = 2...3 \%$) и обеднен никелем и марганцем ($\Delta = 2...3 \%$) по сравнению с металлом дендритов.

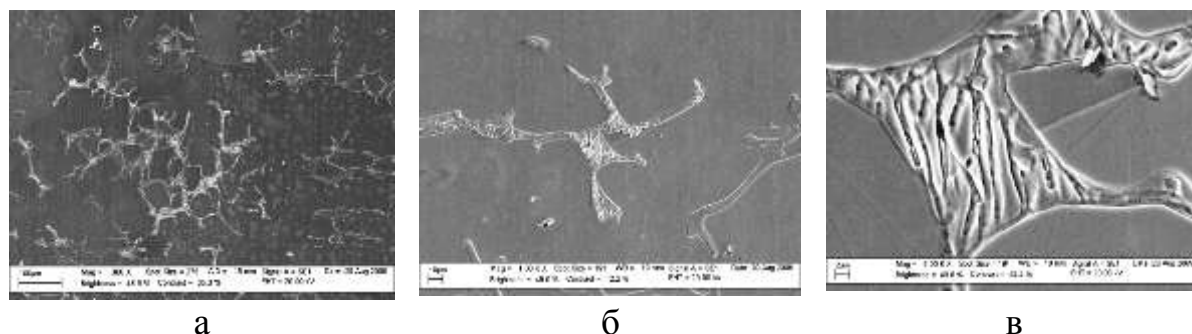


Рисунок 2. Литая структура стали 05X22AG15H8M2ФЛ полученная на сканирующем микроскопе: а - $\times 300$, б - $\times 1000$, в - $\times 5000$. Светлая «матрица» - первично закристаллизовавшийся металл (дендриты), более темная «вторая фаза» - междендритный металл.

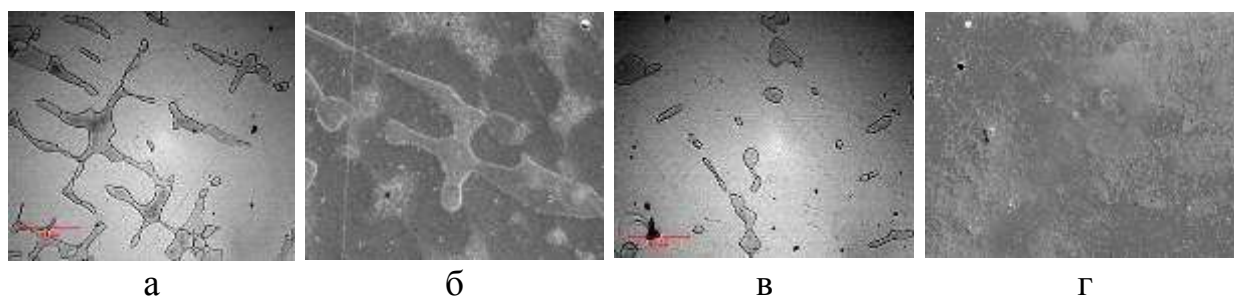


Рисунок 3. Микроструктура литой стали 05X22AG15H8M2ФЛ после термической обработки: а, б – 1200°C , 1 ч, вода; в, г – 1150°C , 8 ч, вода; а, в – $\times 100$, световой микроскоп, б - $\times 1000$, г - $\times 500$, сканирующий микроскоп

Используя ферритометр (вихретоковый прибор МВП-2М), определяли количество феррита в литой и термически обработанной стали. В литом состоянии феррит в металле практически отсутствует ($\sim 0,24 \%$), однако уже после получасовой выдержки при $1100-1200^\circ\text{C}$ его количество возрастает до $\sim 4 \%$. В дальнейшем, по мере повышения температуры ТО и увеличения продолжительности высокотемпературной выдержки количество феррита снижается практически до нуля (рис. 4).

Для литой стали средние значения микротвердости составили: междендритный металл $\text{HV} = 1300$, дендриты $\text{HV} = 333$. После термической обработки микротвердость междендритного металла (второй фазы, образовавшейся на его месте) составляла $\text{HV} = 340$.

Таким образом, исследования микроструктуры, данные ферритометрии и МРСА, измерений микротвердости, свидетельствуют, что изначально в литой стали в составе междендритного металла присутствует высокохромистая фаза, характеризующаяся высокой твердостью и немагнитностью. Можно предположить, что это σ -фаза, поскольку по данным [1] она присутствует в аналогичных Fe-Cr-Ni сплавах вплоть до температур ~ 1000 °С. Поскольку выдержки при 1100, 1150 и 1200 °С приводят к появлению в стали феррита и снижению микротвёрдости второй фазы, можно предположить, что указанный нагрев привел к превращению $\sigma \rightarrow \alpha + \gamma$, и в междендритном пространстве на месте высокохромистой σ -фазы образуются островки более мягкого феррита. По мере увеличения температуры и продолжительности тепловых выдержек проходит гомогенизация структуры, растворение нитридов хрома и обогащение γ -твёрдого раствора азотом. В результате этих процессов количество феррита снижается практически до нуля.

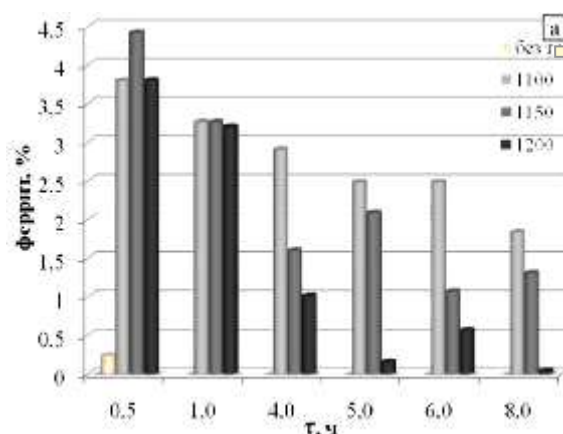


Рисунок 4. Влияние длительности выдержки при температурах 1100...1200 °С на количество феррита в литой стали 05X22АГ15Н8М2ФЛ

Таким образом, новая нержавеющая высокопрочная сталь 05X22АГ15Н8М2ФЛ в литом состоянии, в зависимости от температуры и длительности выдержки при гомогенизирующем отжиге, может иметь как практически полностью немагнитную структуру, так и содержать небольшое (до 4...5 %) количество феррита.

Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н. М.В. Костиной.

Используемые литературные источники:

1. G.V. Raynor and V.G. Rivlin, Phase Equilibria in Iron Ternary Alloys, The Institute of Metals, London, (No. 4), 1988.